

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
29. Januar 2004 (29.01.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2004/009261 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **B21B 37/18**

41468 Neuss (DE). JEUDE, Manfred [DE/DE]; Parkweg 21, 42799 Leichlingen (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2003/007468

(72) Erfinder; und

(22) Internationales Anmeldedatum:  
10. Juli 2003 (10.07.2003)

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): PAMPEL, Michael [DE/DE]; Hamtorstr. 6, 41460 Neuss (DE). PAMPEL, Günter [DE/DE]; Fritz-Gerlich-Str. 14, 41466 Neuss (DE).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(74) Anwalt: COHAUSZ & FLORACK; Bleichstrasse 14, 40211 Düsseldorf (DE).

(30) Angaben zur Priorität:  
102 33 118.9 20. Juli 2002 (20.07.2002) DE

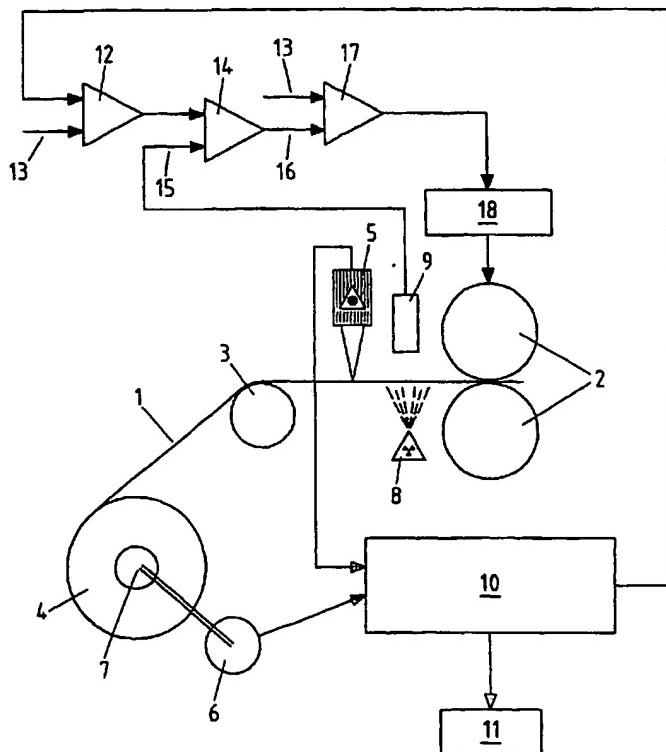
(81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR,

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): ALUMINIUM NORF [DE/DE]; Koblenzer Str. 120,

*[Fortsetzung auf der nächsten Seite]*

(54) Title: DYNAMIC THICKNESS CORRECTION

(54) Bezeichnung: DYNAMISCHE DICKENKORREKTUR



(57) Abstract: The invention relates to a method and device for correcting the thickness of a metallic strip (1) during rolling with a roll stand (2) equipped with setting elements for regulating the thickness of the metallic strip and with at least one coiler (4). The aim of the invention is to provide a method and device for correcting the thickness of a metallic strip during rolling with a roll stand, which ensures the production of rolled strips with a reduced thickness tolerance. To this end, the invention provides that an average strip thickness of a strip section is determined from at least one strip length measurement and from the measurement of the associated rotation of the coiler, and the setting elements of the roll stand are controlled at least according to the average strip thickness of the strip section. The inventive method enables the setting elements to be controlled virtually independent of the surrounding conditions of the roll stand thereby enabling the thickness tolerances of the rolled strip to be effectively reduced.

WO 2004/009261 A1

*[Fortsetzung auf der nächsten Seite]*



KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) **Bestimmungsstaaten (regional):** ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht

— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Korrektur der Dicke eines metallischen Bandes (1) beim Walzen mit einem Walzgerüst (2) mit Stellelementen zur Regelung der Dicke des metallischen Bandes und mindestens einer Aufwickelhaspel (4). Die Aufgabe ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Korrektur der Dicke eines metallischen Bandes beim Walzen mit einem Walzgerüst zur Verfügung zu stellen, welches bzw. welche die Herstellung von gewalzten Bändern mit einer verringerten Dickentoleranz gewährleistet wird verfahrensmässig dadurch gelöst, dass aus mindestens einer Bandlängenmessung und der Messung der zugehörigen Drehung der Aufwickelhaspel eine mittlere Banddicke eines Bandabschnitts ermittelt wird und die Stellelemente des Walzgerüsts zumindest abhängig von der mittleren Banddicke des Bandabschnitts gesteuert werden. Mit dem erfindungsgemässen Verfahren kann die Steuerung der Stellelemente nahezu unabhängig von den Umgebungsbedingungen des Walzgerüsts durchgeführt werden, sodass die Dickentoleranzen des gewalzten Bandes effektiv reduziert werden können.

WO 2004/009261

PCT/EP2003/007468

1

**Dynamische Dickenkorrektur**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Korrektur der Dicke eines metallischen Bandes beim Walzen mit einem Walzgerüst mit Stellelementen zur Regelung der Dicke des metallischen Bandes und mindestens einer Aufwickelhaspel.

Beim Walzen von metallischen Bändern, beispielsweise Bändern aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung, zur Reduzierung deren Dicke werden die gewalzten metallischen Bänder nach dem Durchlauf durch ein Walzgerüst auf einer Aufwickelhaspel als Bund aufgewickelt. Ein wichtiges Qualitätsmerkmal des als Bund aufgewickelten gewalzten Bandes stellt unter anderem die Dicke des Bandes und deren Schwankungen dar.

Bisher wird die Dicke des metallischen Bandes mit Hilfe eines radiometrischen Messverfahrens ermittelt und die Stellelemente des Walzgerüstes abhängig von diesem Wert gesteuert. Bei dem radiometrischen Messverfahren wird mit Hilfe eines auf einer Seite des metallischen Bandes angeordneten Detektors die durch das metallische Band transmittierte Strahlung eines auf der anderen Seite des metallischen Bandes angeordneten Strahlers gemessen. Die vom Detektor gemessene Strahlung ist dabei abhängig von der Absorption im metallischen Band, welche insbesondere durch die Dicke des metallischen Bandes bestimmt wird. Die Abweichung der radiometrisch ermittelten Banddicke

von einem Sollwert der Dicke des Bandes wird als Eingangsgröße zur Steuerung von Stellelementen des Walzgerüstes zur Beeinflussung der Dicke des metallischen Bandes verwendet. Allerdings ist der radiometrisch gewonnene Dickenmesswert von weiteren Einflussgrößen abhängig, beispielsweise der Legierungszusammensetzung des Bandes, der Luftdichte und Lufttemperatur im Messweg, beispielsweise beim Abblasen oder beim Absaugen von erhitzter Luft, dem Anteil an Kühl- und Schmiermittelnebel im Messweg sowie der Temperatur des Walzgutes und der Systemkomponenten zur Bestimmung der Dicke. Daher ist eine Bestimmung der Einflussgrößen und Normierung des radiometrischen Messverfahrens auf die zusätzlichen Einflussgrößen unbedingt erforderlich.

Nachteilig bei dem bisher bekannten Verfahren zur Korrektur der Banddicke eines metallischen Bandes beim Walzen ist, dass eine Bestimmung der Einflussgrößen und eine Normierung des radiometrischen Messverfahrens auf diese Einflussgrößen nicht umfassend unter Walzbedingungen stattfinden kann. So ist zur Korrektur des legierungsabhängigen Absorptionsverhaltens des metallischen Bandes notwendig, an einer Gussprobe mittels Funkenspektrometrie die Legierungszusammensetzung zu messen und daraus einen Absorptionsindex für die Legierung zu errechnen, welcher beim radiometrischen Messverfahren berücksichtigt wird. Variationen bei der Probenentnahme sowie Messunsicherheiten bei der Funkenspektrometrie führen dazu, dass die radiometrisch bestimmte Dicke mit einem Vertrauensbereich versehen ist, der je nach Produktanforderung zu berücksichtigen ist.

Zur Normierung der radiometrischen Messwerte wird einerseits der elektrische Nullpunkt des Detektorsignals bei geschlossener Strahlerblende herangezogen, andererseits bei Volleinstrahlung, also ohne Probe im Messweg, ein Abgleichfaktor ermittelt, welcher die Absorptionsbedingungen in der Messstrecke zu diesem Zeitpunkt berücksichtigt. Dies geschieht automatisch während des Bandwechsels bzw. bei jeder Öffnung der Strahlerblende ohne Messgut. Mit Hilfe der Messung der Temperaturänderung und eines daraus ermittelten empirischen Gewichtungsfaktors wird auf die Temperaturänderung im Messweg mit Walzgut geschlossen. Eine Erfassung des integralen Temperaturverlaufs im Messweg, welcher beim Walzen durch das heiße gewalzte Band starke Variationen aufweist, ist nicht möglich. Der integrale Temperaturverlauf kann daher bei der radiometrischen Dickenbestimmung nicht berücksichtigt werden.

Weiterhin befinden sich in aus dem Stand der Technik bekannten Anlagen zur Überprüfung der radiometrischen Messstelle in einem hermetisch gekapselten Bereich in unmittelbarer Nähe des Strahlers Kontrollnormale, d.h. metallische Bleche, deren Absorptionseigenschaften sich außer durch Temperaturänderungen nicht verändern. Durch die Überprüfung der Dickenmesswerte dieser Kontrollnormale kann eine Korrektur der im Messsystem hinterlegten Absorptionskurve erfolgen. Dieser Abgleich kann jedoch ebenso nur bei unterbrochenem Walzvorgang durchgeführt werden.

Aufgrund der oben geschilderten Nachteile der bisher bekannten Verfahren zur Korrektur der Dicke eines

metallischen Bandes beim Walzen können die heute geforderten Dickeuntoleranzen nur schwer eingehalten werden.

Ausgehend von dem zuvor beschriebenen Stand der Technik liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zu Grunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Korrektur der Dicke eines metallischen Bandes beim Walzen mit einem Walzgerüst zur Verfügung zu stellen, welches bzw. welche die Herstellung von gewalzten Bändern mit einer verringerten Dickeuntoleranz gewährleistet.

Gemäß einer ersten Lehre der vorliegenden Erfindung wird die zuvor hergeleitete und aufgezeigte Aufgabe verfahrensmäßig dadurch gelöst, dass aus mindestens einer Bandlängenmessung und der Messung der zugehörigen Drehung der Aufwickelhaspel eine mittlere Banddicke eines Bandabschnitts ermittelt wird und die Stellelemente des Walzgerüsts zumindest abhängig von der ermittelten mittleren Banddicke des Bandabschnitts gesteuert werden. Dabei wird ausgenutzt, dass der mittlere Lagenabstand des Bandes auf der Aufwickelhaspel mit der gemessenen Bandlänge und Aufwickelhaspelumdrehung verknüpft ist, woraus sich über einen Füllfaktor die mittlere Banddicke bestimmen lässt. Die benötigten Messgrößen der Bandlänge und der Aufwickelhaspelumdrehung sind dabei nahezu unabhängig von den Einflussgrößen der radiometrischen Dickenmessung, sodass ein von den Umgebungsbedingungen des Walzgerüsts unabhängiger Messwert der mittleren Banddicke eines Bandabschnitts zur Verfügung steht. Es hat sich gezeigt, dass bereits nach kurzen Bandlängen ein hinreichend genauer Wert für die mittlere Banddicke bestimmt werden kann. Durch die Steuerung der

Stellelemente zumindest abhängig von der ermittelten mittleren Banddicke des Bandabschnitts kann somit eine Verringerung der Dickentoleranzen des gewalzten Bandes erreicht werden.

Wird die Banddicke zusätzlich radiometrisch gemessen und die Stellelemente des Walzgerüsts abhängig von einer mit der mittleren Banddicke korrigierten radiometrischen Banddicke gesteuert, so ist es gemäß einer nächsten weitergebildeten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens möglich, die radiometrisch ermittelte Banddicke mit Hilfe der ermittelten mittleren Banddicke dynamisch zu korrigieren und die Stellelemente des Walzgerüsts abhängig vom dynamisch korrigierten Banddickenwert zu steuern. Damit steht eine Eingangsgröße zur Steuerung der Banddicke beim Walzen eines metallischen Bandes zur Verfügung, welche einerseits eine nahezu instantane Beeinflussung der Stellelemente ermöglicht und andererseits unabhängig von den typischen Einflussgrößen der radiometrischen Bestimmung der Banddicke während des Walzprozesses korrigiert werden kann.

Eine besonders hohe Genauigkeit in der Messung der Bandlänge beim Walzen wird, gemäß einer vorteilhaft weitergebildeten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, dadurch erreicht, dass die Bandlänge unter Verwendung des Laser-Doppler-Velocimetrie-Verfahrens gemessen wird. Das Laser-Doppler-Velocimetrie-Verfahren (LDV-Verfahren) ist ein Standardverfahren zur Messung von Strömungsgeschwindigkeiten. Das Prinzip besteht darin, das Streulicht eines Partikels zu detektieren und auszuwerten, welcher ein von einer Laserquelle erzeugtes

Interferenzstreifensystem durchquert. Die Frequenz des empfangenen Signals ist dann proportional zur Partikelgeschwindigkeit. Wird das Interferenzstreifensystem auf das gewalzte Band abgebildet, so kann durch Streulichtauswertung die Geschwindigkeit des gewalzten Bandes sehr exakt festgestellt werden. Damit steht eine hochgenaue Bandlängenmessung zur Bestimmung der mittleren Banddicke eines Bandabschnittes zur Verfügung.

Wird, gemäß einer nächsten weitergebildeten Ausführungsform, die Umdrehungszahl der Aufwickelhaspel unter Verwendung hochauflösender Inkrementalgeber auf der Aufwickelhaspelachse oder Aufwickelhaspelmotorachse gemessen, kann die zur Ermittlung der mittleren Banddicke notwendige Umdrehungszahl der Aufwickelhaspel auf einfache Weise mit hinreichender Genauigkeit bestimmt werden.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung erfährt das erfindungsgemäße Verfahren dadurch, dass durch die Wahl einer Mehrzahl von unterschiedlichen Startpunkten und zu messenden Bandlängen für die Bestimmung der mittleren Banddicke eine Mehrzahl von Werten für die mittlere Banddicke des gleichen Bandabschnitts ermittelt wird. Durch diese Maßnahme ist es möglich, eine statistische Auswertung der Werte der mittleren Banddicke eines Bandabschnitts durchzuführen und den Messfehler bei der Bestimmung der mittleren Banddicke eines Bandabschnitts zu verringern, sodass die Banddickentoleranzen des gewalzten Bandes weiter verkleinert werden können.

Der Einfluss des Aufhaspelprozesses auf den Füllfaktor kann, gemäß einer weitergebildeten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, dadurch berücksichtigt werden, dass die Werte für die mittlere Banddicke des gleichen Bandabschnitts zusätzlich in Abhängigkeit vom aktuellen Bunddurchmesser des Bandes auf der Aufwickelhaspel mit variabler Gewichtung geglättet werden. Hierdurch kann verhindert werden, dass sich insbesondere zu Beginn des Aufhaspelprozesses Schwankungen des Bunddurchmessers stärker auf die Ermittlung der mittleren Banddicke auswirken.

Die Prozesssicherheit bei der Ermittlung der mittleren Banddicke kann dadurch weitergesteigert werden, dass gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, mindestens eine weitere, redundante Bandlängenmessung durchgeführt wird.

Wird beim Ausfall einer zur Bestimmung der mittleren Banddicke verwendeten ersten Bandlängenmessung automatisch auf eine weitere, redundante Bandlängenmessung umgeschaltet, kann gewährleistet werden, dass die dynamische Dickenkorrektur kontinuierlichen, auch bei einem Ausfall eines Bandlängenmesssystems, durchgeführt werden kann. Der Walzprozess muss daher nicht unterbrochen werden.

Gemäß einer zweiten Lehre der vorliegenden Erfindung wird die hergeleitete und aufgezeigte Aufgabe mit einer Vorrichtung zur Korrektur der Dicke eines metallischen Bandes beim Walzen mit mindestens einem Walzgerüst mit Stellelementen zur Regelung der Dicke des Bandes, mindestens einer Aufwickelhaspel sowie Mitteln zur

Messung der Bandlänge und des Ausmaßes der zugehörigen Drehung der Aufwickelhaspel dadurch gelöst, dass Mittel zur Steuerung der Stellelemente des Walzgerüstes in Abhängigkeit einer aus der gemessenen Bandlänge und der zugehörigen Drehung der Aufwickelhaspel bestimmten mittleren Banddicke vorgesehen sind. Wie oben bereits geschildert ist es möglich durch diese Maßnahme die Banddicke eines metallischen Bandes beim Walzen nahezu unabhängig von den Umgebungsbedingungen des Walzgerüstes zu messen und einzustellen.

Eine Eingangsgröße zur Steuerung der Stellelemente steht, gemäß einer weitergebildeten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung, unmittelbar nach dem Walzen des Bandes zur Verfügung, wenn zusätzlich Mittel zur radiometrischen Dickenbestimmung des metallischen Bandes zwischen Walzgerüst und Aufwickelhaspel vorgesehen sind. Darüber hinaus wird ermöglicht, dass durch die Steuerung der Stellelemente des Walzgerüstes mit Hilfe eines dynamisch mit der mittleren Banddicke korrigierten, radiometrisch ermittelten Banddickenwertes, die Banddickentoleranz des gesamten Bandes weiter gesenkt werden kann.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung erfährt die erfindungsgemäße Vorrichtung dadurch, dass Mittel zur redundanten Bandlängenmessung vorgesehen sind. Einerseits kann hierdurch die Prozesssicherheit beim Walzen in Bezug auf den Ausfall eines Bandlängenmesssystems gesteigert werden, andererseits ist durch die redundante Bandlängenmessung eine Überprüfung der jeweiligen Bandlängenmessung möglich, so dass deren Genauigkeit gesteigert werden kann.

Darüber hinaus kann die Genauigkeit der Bandlängenmessung weiter gesteigert werden, in dem, gemäß einer weitergebildeten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung, zur Bandlängenmessung ein Laser-Doppler-Velocimetrie-System vorgesehen ist.

Sind hochauflösende Inkrementalgeber an der Aufwickelhaspelachse oder Aufwickelhaspelmotorachse vorgesehen, ist es gemäß einer nächsten weitergebildeten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung möglich, die zu einer bestimmten Bandlänge zugehörige Drehung der Aufwickelhaspel auf einfache Weise sehr genau zu bestimmen.

Es gibt nun eine Vielzahl von Möglichkeiten, sowohl das Verfahren gemäß der ersten Lehre der Erfindung, als auch die Vorrichtung gemäß der zweiten Lehre der Erfindung vorteilhaft auszustalten und weiterzubilden. Hierzu wird beispielsweise verwiesen einerseits auf die den Patentansprüchen 1 und 10 nachgeordneten Patentansprüche, andererseits auf die Beschreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels in Verbindung mit der Zeichnung.

In der Zeichnung zeigt

Fig. 1: in einer schematischen Darstellung ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Korrektur der Dicke eines metallischen Bandes beim Walzen,

Fig. 2a: in einer schematischen Darstellung das im ersten Ausführungsbeispiel verwendete Verfahren zur

Bestimmung der mittleren Banddicke aus einer Bandlängenmessung,

Fig. 2b: in einer Schnittansicht eine Aufwickelhaspel mit mehreren aufgewickelten Lagen eines metallischen Bandes und

Fig. 3: in einem Blockschaltbild die Steuerung eines nächsten Ausführungsbeispiels einer Vorrichtung zur Korrektur der Dicke eines metallischen Bandes beim Walzen.

Das in Fig. 1 dargestellte Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung zur Korrektur der Dicke eines metallischen Bandes 1 beim Walzen weist ein Walzgerüst 2 mit nicht dargestellten Stellelementen zur Regelung der Dicke des Bandes 1, eine Umlenkrolle 3 sowie eine Aufwickelhaspel 4 auf. Darüber hinaus sind zur Bestimmung der Banddicke ein LDV-System 5 zur Messung der Bandlänge, ein Inkrementalgeber 6 auf der Aufwickelhaspelachse 7 sowie ein Strahler 8 und ein Detektor 9 zur radiometrischen Ermittlung der Banddicke dargestellt. Beim Walzen wird das metallische Band 1, nachdem es das Walzgerüst 2 verlassen hat, über eine Umlenkrolle 3 umgelenkt und auf der Aufwickelhaspel 4 aufgewickelt. Aus der Umdrehungszahl der Aufwickelhaspel 4 und der zugehörigen Bandlänge kann eine mittlere Banddicke berechnet werden.

Die Fig. 2a zeigt den prinzipiellen Ablauf des Verfahrens zur Bestimmung der mittleren Banddicke eines metallischen Bandes 1 mit Hilfe eines LDV-Systems 5 und einer Aufwickelhaspel 4. Das LDV-System 5 misst dabei die Bandlänge beim Aufwickeln des Bandes 1 auf die

Aufwickelhaspel 4, wobei die erste Lage des Bandes 1 beim Aufwickeln einen durch die Aufwickelhaspel 4 fest vorgegebenen Radius  $r$  einnimmt.

Fig. 2b zeigt nun in einer Schnittansicht eine Aufwickelhaspel 4 mit mehreren aufgewickelten Lagen eines metallischen Bandes 1. Der mittlere Lagenabstand  $h$  des aufgewickelten Bandes 1 ergibt sich aus der Radiendifferenz der Radien  $r_m$  und  $r_n$  und der Anzahl der aufgewickelten Lagen zwischen den Radien, also der zugehörigen Umdrehungszahl der Aufwickelhaspel 4. Für den mittleren Lagenabstand  $h$  zwischen zwei beliebigen Aufwickelradien  $r_m$  und  $r_n$  gilt daher:

$$h = \frac{\frac{L_n - L_m}{n\pi - m\pi}}{n - m},$$

wobei  $L_n$  die ab einem willkürlichen Startpunkt laufende Länge ist,  $n$  die zugehörigen Anzahl der Umdrehung der Aufwickelhaspel 4,  $L_m$  eine Festlänge ab dem gleichen Startpunkt und  $m$  die zugehörige Anzahl an Umdrehungen der Aufwickelhaspel 4 zur Festlänge  $L_m$  ist.

Wie Fig. 1 wiederum zeigt, kann, um die Bandlängen  $L_n$  oder  $L_m$  zu messen, prinzipiell auch die Umlenkrolle 3 verwendet werden, jedoch ist eine berührungslose und schlupffreie Messung mit dem LDV-System 5 vorzuziehen, da somit eine wesentlich genauere Bandlängenmessung ermöglicht wird. Hoch auflösende Inkrementalgeber 6, welche auf der Aufwickelhapse 7 angeordnet sind, liefern die zugehörigen Anzahl  $n$  oder  $m$  der Umdrehungen der Aufwickelhaspel. Mit diesen Messwerten wird zunächst ein

mittlerer Lagenabstand  $h$  nach der obigen Formel berechnet, sodass aus  $h$  die mittlere Banddicke eines Bandabschnitts mit Hilfe eines Füllfaktors berechnet werden kann. Die Berechnung der mittleren Banddicke erfolgt nach einer einstellbaren Bandlänge mit Hilfe des Rechners 10, der einerseits die gemessene mittlere Banddicke über die Anzeige 11 anzeigt und andererseits den Wert zur dynamischen Dickenkorrektur an eine erste Vergleichseinrichtung 12 weiterleitet. In der Vergleichseinrichtung 12 wird nun der Wert der mittleren Banddicke mit der Solldicke 13 des Bandes 1 verglichen und die Differenz als dynamische Dickenabweichung an eine nächste Vergleichseinrichtung 14 weitergeleitet. Der mit Hilfe des Strahlers 8 und des Detektors 9 ermittelten radiometrischen Banddicke 15 wird in der Vergleichseinrichtung 14 der Wert der dynamischen Dickenabweichung aufgeschlagen und als dynamisch korrigierte Istdicke 16 einer weiteren Vergleichseinrichtung 17 zugeführt. Diese ermittelt nun die Regelgröße für die Steuerung der Stellelemente 18 aus der Abweichung der dynamisch korrigierten Istdicke 16 von der Solldicke 13. Der Wert der dynamischen Dickenkorrektur kann, während des Walzprozesses bereits nach kurzen Bandlängen, beispielsweise nach einer aufgewickelten Bandlänge von ca. 50m, hinreichend genau ermittelt werden. Dies gilt zwar nicht für den Beginn des Walzprozesses, da in dem Fall die Schwankungen durch den Aufwickelprozess noch zu groß sind, allerdings steht im weiteren Verlauf des Walzprozesses eine Korrekturmöglichkeit der radiometrisch ermittelten Banddicke 15 zur Verfügung, welche unabhängig von den Einflussgrößen der radiometrischen Banddickenmessungen ist. Durch den Ausschluss dieser Einflussgrößen kann die

Steuerung der Stellelemente des Walzgerüstes 18 wesentlich genauer durchgeführt werden, was zu einer deutliche Reduzierung der Banddickentoleranzen führt.

Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, die Korrekturberechnung nur unter bestimmten parametrierbaren Bedingungen freizugeben. Das Blockschaltbild der Steuerung eines entsprechenden Ausführungsbeispiels einer Vorrichtung zur Korrektur der Dicke eines metallischen Bandes beim Walzen zeigt die Fig. 3. Die untenstehend genannten Parameter, Größen und Bedingungen sind dabei nur als eine Beispielkonfiguration der Steuerung anzusehen, welche in Abhängigkeit vom herzustellenden Walzgut variieren kann.

Das in Fig. 3 dargestellte Blockschaltbild weist zunächst ein logisches Und-Glied 19 mit 6 Eingängen 20, 21, 22, 23, 24, 25 und einem Ausgang 26 auf. Über die Eingänge 20 bis 24 können beispielsweise die Bedingungen, ob der Laser funktionsfähig ist, ob die Solldicke mehr als beispielsweise 0,8 mm beträgt, ob Daten zu der Legierung der Legierung in einer Tabelle hinterlegt sind, ob Hand- oder Automatikbetrieb gewählt ist und ob die Bandgeschwindigkeit größer als beispielsweise 100 m/min ist, abgefragt und zur Freischaltung der Dickenkorrektur verwendet werden. Weitere Bedingungen können über zusätzliche Eingänge am Und-Glied 19 berücksichtigt werden.

Der Eingang 25 des Und-Gliedes 19 ist dabei mit dem Ausgang eines logischen Oder-Gliedes 27 verbunden, das seinerseits zwei Eingänge 28 und 29 aufweist, welche mit dem Ausgang der Vergleichsglieder 30 bzw. 31 verbunden

sind. Im Vergleichsglied 30 wird nun der Istwert der Bandlänge 32 mit einem aus der Solldicke 33 über ein Funktionsglied 34 ausgerechneter Startwert der Bandlänge 35 verglichen und ein Ausgangssignal auf das Oder-Glied 27 geschaltet, sobald der Istwert der Bandlänge 32 oberhalb eines bestimmten Startwertes der Bandlänge 35 liegt. Das Vergleichsglied 31 vergleicht dagegen mit Hilfe des Absolutgliedes 38 den Absolutwert der mit dem Differenzglied 36 ermittelten Differenz 39 zwischen der Solldicke 33 und der mit dem LDV-Verfahren ermittelten mittleren Banddicke 37 mit einem von der Solldicke 33 abhängigen Wert. Ist die absolute Abweichung kleiner als beispielsweise 1% der Solldicke, so wird der Ausgang des Vergleichsgliedes 31 aufgeschaltet und am Eingang 29 des Oder-Gliedes 27 liegt ein Signal an.

Ist also die Abweichung der mittleren Banddicke 37 von der Solldicke 33 kleiner 1% der Solldicke oder der Istwert der Bandlänge 32 größer als ein Startwert der Bandlänge 35, so liegt an dem Eingang 25 des Und-Gliedes 19 ein Signal an. Sind die Eingänge 20 bis 25 des Und-Gliedes 19 aufgeschaltet, so wird über den Ausgang 26 des Und-Gliedes 19 mit Hilfe des Setz-Gliedes 40 der Ausgang 41 der Logikschaltung auf „Auto-Korrektur eingeschaltet“ gesetzt. Gleichzeitig wird am Eingang 42 des PID-Gliedes 43 ein Signal angelegt. Das PID-Glied 43 bestimmt dann aus der in der Form der Differenz 39 zwischen der Solldicke 33 und der mit dem LDV-Verfahren ermittelten mittleren Banddicke 37 anliegenden Regelabweichung die dynamischen Dickenkorrektur 44 der radiometrisch gemessenen Istdicke 46 des Bandes. Durch ein mit dem PID-Glied 43 verbundenes Vergleichsglied 46 kann die Regelung des PID-Gliedes 43 allerdings unterbunden werden, sofern

die Regelabweichung 39 beispielsweise kleiner als 1% der Solldicke 33 beträgt.

In dem Addier-Glied 47 wird nun die dynamische Dickenkorrektur 44 zur gemessenen Istdicke 45 aufaddiert und als korrigierte Istdicke 48 auf den Eingang 49 eines Schalters 50 gelegt. Der Ausgang 51 des Schalters 50 ist wiederum direkt mit einem nicht dargestellten Eingang der Steuerung der Stellelemente des Walzgerüstes verbunden.

Ist der Ausgang 41 der Logikschaltung auf „Autokorrektur ein“ geschaltet, liegt also ein Signal am PID-Glied 43 an, so verbindet der Schalter 50 den Eingang 49 mit dem Ausgang 51 und die Stellelemente der Walzgerüste werden mit der korrigierten Istdicke 48 gesteuert. Dabei wird in der nicht dargestellten Steuerung der Stellelemente der über den Ausgang 51 ausgegebene Wert mit der Solldicke 33 erneut verglichen und die Stellelemente des Walzgerüstes 2 entsprechend gesteuert.

Darüber hinaus ist es möglich mit Hilfe des Schalters 50 die Steuerung der Stellelemente manuell auf die Istdicke 46 umzuschalten, indem der Ausgang 51 des Schalters 50 mit dem Eingang 52 des Schalters 50 verbunden wird. Unter bestimmten Umständen kann auch ein automatisches Umschalten auf die Steuerung mit der Istdicke 46 erfolgen, nämlich dann, wenn über das Oder-Glied 53 das Reset-Gliedes 54 der Ausgang 41 zurückgesetzt wird. Dies ist der Fall, wenn der Eingang 55 des Oder-Gliedes 53, welcher den Betriebszustand Strahlers im Auslauf prüft, oder der Eingang 56 des Oder-Gliedes 53, der die Unterschreitung eines Mindestwertes für die Bandgeschwindigkeit überwacht, ein Signal führen. Dadurch

kann beispielsweise verhindert werden, dass trotz ausgeschaltetem Strahler 8 im Auslauf des Bandes 1 eine automatische Dickenkorrektur vorgenommen wird.

## P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Verfahren zur Korrektur der Dicke eines metallischen Bandes beim Walzen mit einem Walzgerüst mit Stellelementen zur Regelung der Dicke des Bandes und mindestens einer Aufwickelhaspel,  
dadurch gekennzeichnet, dass aus mindestens einer Bandlängenmessung und der Messung der zugehörigen Drehung der Aufwickelhaspel eine mittlere Banddicke eines Bandabschnitts ermittelt wird und die Stellelemente des Walzgerüstes zumindest abhängig von der mittleren Banddicke des Bandabschnitts gesteuert werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1  
dadurch gekennzeichnet, dass die Banddicke zusätzlich radiometrisch gemessen wird und die Stellelemente des Walzgerüstes abhängig von einer mit der mittleren Banddicke korrigierten radiometrischen Banddicke gesteuert werden.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2  
dadurch gekennzeichnet, dass die Bandlänge unter Verwendung des Laser-Doppler-Velocimetrie-Verfahrens gemessen wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3  
dadurch gekennzeichnet, dass die Umdrehungszahl der Aufwickelhaspel unter

Verwendung hochauflösender Inkrementalgeber auf der Aufwickelhaspelachse oder Aufwickelhaspelmotorachse gemessen wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4 dadurch gekennzeichnet, dass durch die Wahl einer Mehrzahl von unterschiedlichen Startpunkten und zu messenden Bandlängen für die Bestimmung der mittleren Banddicke eine Mehrzahl von Werten für die mittlere Banddicke des gleichen Bandabschnitts ermittelt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5 dadurch gekennzeichnet, dass die Werte für die mittlere Banddicke des gleichen Bandabschnitts zusätzlich in Abhängigkeit vom aktuellen Bunddurchmesser des Bandes auf der Aufwickelhaspel mit variabler Gewichtung geglättet werden.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6 dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine weitere, redundante Bandlängenmessung durchgeführt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7 dadurch gekennzeichnet, dass beim Ausfall einer zur Bestimmung der mittleren Banddicke verwendeten ersten Bandlängenmessung automatisch auf eine weitere, redundante Bandlängenmessung umgeschaltet wird.

9. Vorrichtung zur Korrektur der Dicke eines metallischen Bandes (1) beim Walzen mit mindestens einem Walzgerüst (2) mit Stellelementen zur Regelung der Dicke des Bandes, mindestens einer Aufwickelhaspel (4) sowie Mitteln zur Messung der Bandlänge (5) und des Ausmaßes der zugehörigen Drehung der Aufwickelhaspel (6), insbesondere zur Durchführung eines Verfahrens gemäß der Ansprüche 1 bis 8,  
dadurch gekennzeichnet, dass Mittel (18) zur Steuerung der Stellelemente des Walzgerüsts (2) in Abhängigkeit einer aus der gemessenen Bandlänge und zugehörigen Drehung der Aufwickelhaspel (4) bestimmten mittleren Banddicke vorgesehen sind.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9  
dadurch gekennzeichnet, dass zusätzlich Mittel (8,9) zur radiometrischen Dickenbestimmung des metallischen Bandes (1) zwischen Walzgerüst (2) und Aufwickelhaspel (3) vorgesehen sind.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 oder 10  
dadurch gekennzeichnet, dass Mittel (5) zur redundanten Bandlängenmessung vorgesehen sind.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 11  
dadurch gekennzeichnet, dass zur Bandlängenmessung ein Laser-Doppler-Velocimetrie-System (5) vorgesehen ist.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 12  
dadurch gekennzeichnet, dass  
hochauflösende Inkrementalgeber (6) an der  
Aufwickelhaspelachse (7) oder  
Aufwickelhaspelmotorachse vorgesehen sind.

10/521 980

WO 2004/009261

PCT/EP2003/007468

1/3

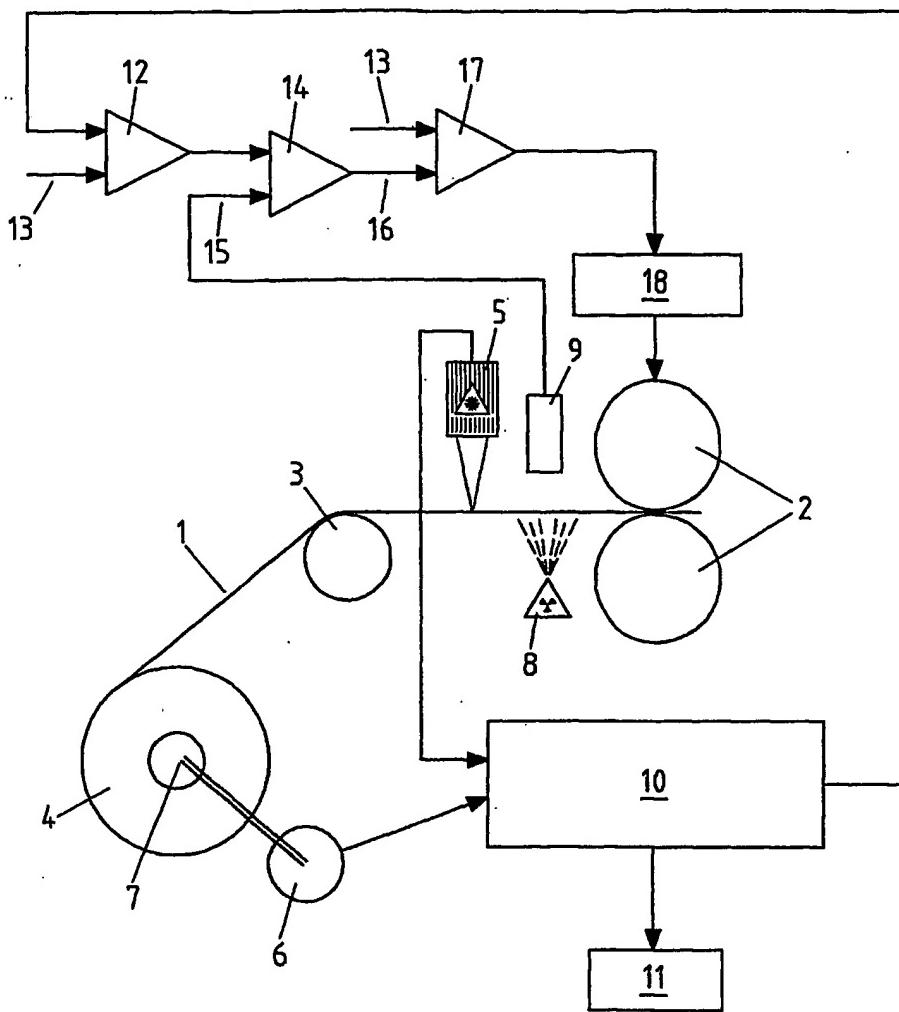


Fig.1

BEST AVAILABLE COPY

10/521 980

WO 2004/009261

PCT/EP2003/007468

2/3

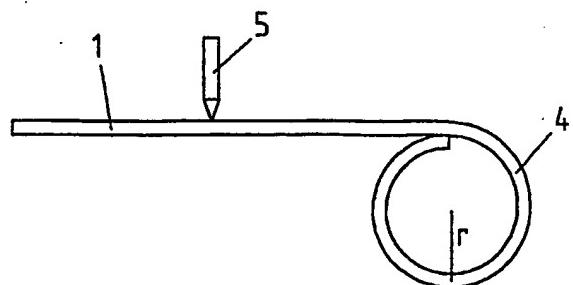


Fig. 2a

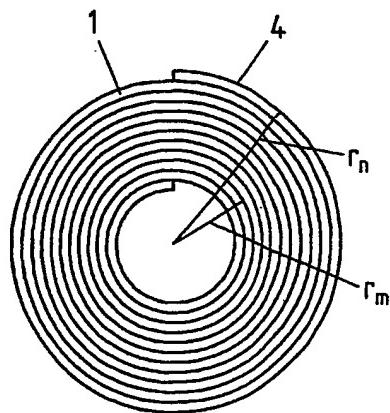


Fig. 2b

BEST AVAILABLE COPY

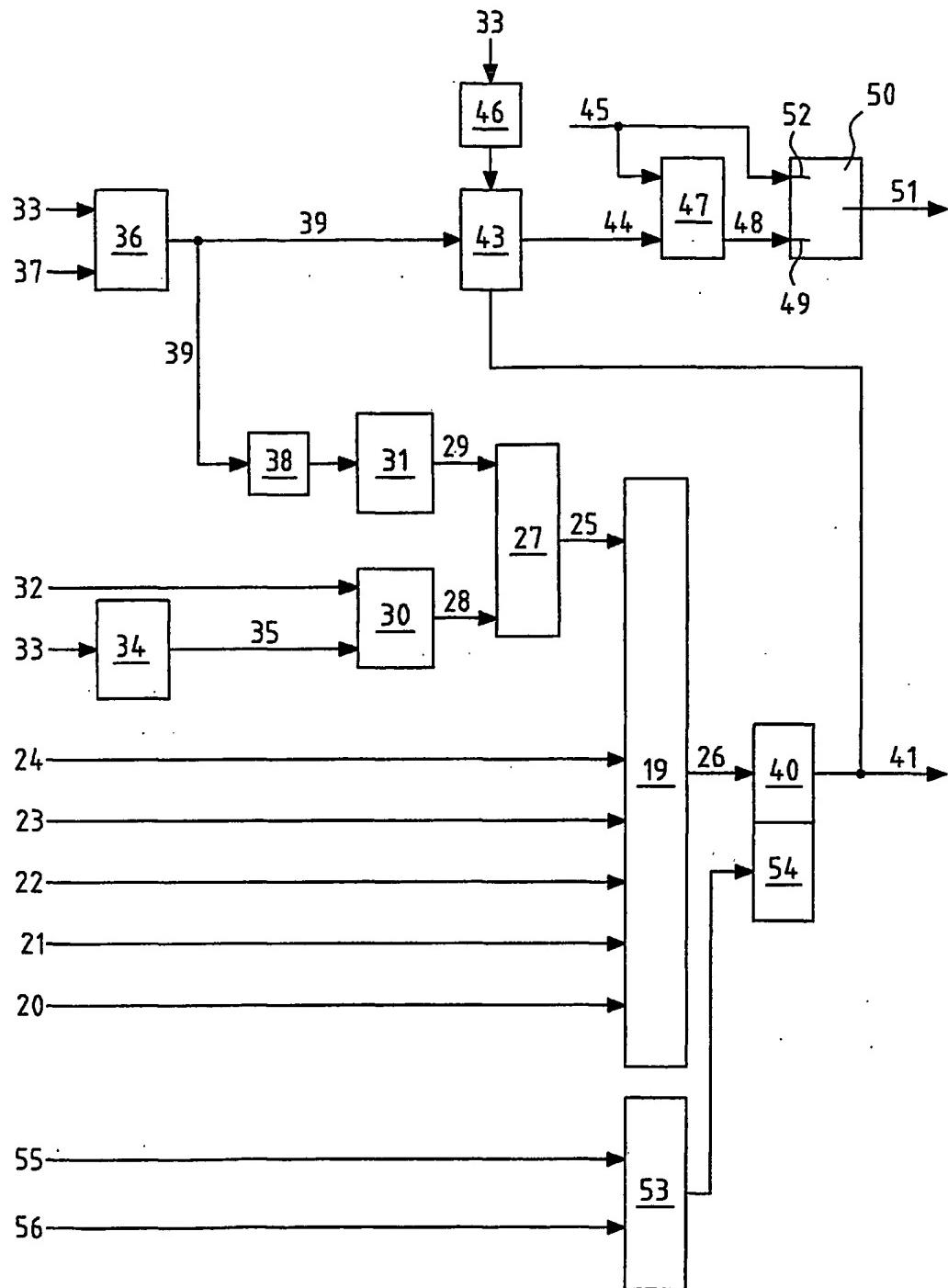


Fig.3

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 03/07468

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 B21B37/18

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 B21B B21C G01P

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

PAJ, EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 3 540 247 A (DIOLOT LUCIEN) 17 November 1970 (1970-11-17) the whole document ----	1, 3-5, 7, 9, 11-13
A	US 3 022 688 A (SIMS RAYMOND BERNARD) 27 February 1962 (1962-02-27) column 1 -column 3 ----	1-13
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 011, no. 344 (M-640), 11 November 1987 (1987-11-11) -& JP 62 124011 A (HITACHI LTD), 5 June 1987 (1987-06-05) abstract ----	1-13 -/-

 Further documents are listed in the continuation of box C. Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the International filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the International search

27 November 2003

Date of mailing of the international search report

09/12/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Meritano, L

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP 03/07468

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	RICCIATTI R L ET AL: "LASER VELOCIMETRY" IRON AND STEEL ENGINEER, ASSOCIATION OF IRON AND STEEL ENGINEERS. PITTSBURGH, US, vol. 73, no. 6, 1 June 1996 (1996-06-01), pages 38-41, XP000621624 ISSN: 0021-1559 page 39, right-hand column	1-3, 9, 10, 12

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP 03/07468

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date
US 3540247	A	17-11-1970	FR DE GB	1513585 A 1673870 A1 1206722 A		16-02-1968 22-07-1971 30-09-1970
US 3022688	A	27-02-1962	GB	945058 A		18-12-1963
JP 62124011	A	05-06-1987	JP JP	1961525 C 6071614 B		25-08-1995 14-09-1994

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 03/07468

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 B21B37/18

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 B21B B21C G01P

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

PAJ, EP0-Internal

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 3 540 247 A (DIOLOT LUCIEN) 17. November 1970 (1970-11-17) das ganze Dokument ---	1,3-5,7, 9,11-13
A	US 3 022 688 A (SIMS RAYMOND BERNARD) 27. Februar 1962 (1962-02-27) Spalte 1 -Spalte 3 ---	1-13
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 011, no. 344 (M-640), 11. November 1987 (1987-11-11) -& JP 62 124011 A (HITACHI LTD), 5. Juni 1987 (1987-06-05) Zusammenfassung ---	1-13

 Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :	"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem Internationalen Anmelde datum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist	"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem Internationalen Anmelde datum veröffentlicht worden ist	"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchebericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)	"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht	
"P" Veröffentlichung, die vor dem Internationalen Anmelde datum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist	

Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche	Absendedatum des Internationalen Recherchenberichts
27. November 2003	09/12/2003
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter Meritano, L

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 03/07468

**C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	RICCIATTI R L ET AL: "LASER VELOCIMETRY" IRON AND STEEL ENGINEER, ASSOCIATION OF IRON AND STEEL ENGINEERS, PITTSBURGH, US, Bd. 73, Nr. 6, 1. Juni 1996 (1996-06-01), Seiten 38-41, XP000621624 ISSN: 0021-1559 Seite 39, rechte Spalte -----	1-3, 9, 10, 12

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 03/07468

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 3540247	A	17-11-1970	FR DE GB	1513585 A 1673870 A1 1206722 A		16-02-1968 22-07-1971 30-09-1970
US 3022688	A	27-02-1962	GB	945058 A		18-12-1963
JP 62124011	A	05-06-1987	JP JP	1961525 C 6071614 B		25-08-1995 14-09-1994